



PERANCANGAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN CORRUGATING dan MESIN FLEXO di PT. SURINDO TEGUH GEMILANG

Sandy Dwiseputra Pandi, Hadi Santosa*, Julius Mulyono

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

PT. Surindo Teguh Gemilang (PT.STG) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur pembuatan corrugated carton box yang berlokasi di Gresik. PT. STG memiliki masalah berupa seringnya kerusakan yang timbul pada mesin utama produksi, yaitu mesin corrugating dan mesin flexo. Masalah ini menyebabkan berkurangnya jumlah waktu saat produksi sehingga terjadi kerugian yang besar. Langkah perawatan yang selama ini digunakan adalah mengganti komponen jika terjadi kerusakan. Pembuatan jadwal perawatan yang baru dilakukan dengan cara menentukan interval waktu perawatan optimal berdasarkan hasil perhitungan $C(tp)$ terendah. Kemudian dilanjutkan dengan penggabungan jadwal agar mengurangi mesin berhenti untuk melakukan perbaikan dan meminimalkan kehilangan jam untuk mesin beroperasi. Perbandingan biaya perawatan sebelum dan sesudah penjadwalan, menghasilkan penghematan sebesar Rp 31,072,364 atau 22.16% jika dibandingkan dengan jadwal korektif perusahaan.

Kata kunci : $C(tp)$, Preventive Maintenance, MTTF (Mean Time to Failure), MTTR (Mean Time to Repair)

I. Pendahuluan

Dalam industri *manufacture*, *maintenance* memegang peranan yang sangat penting. Hal ini disebabkan apabila mesin sering terjadi kerusakan pada tengah-tengah proses produksi maka proses produksi akan berhenti, sehingga menyebabkan produktivitas menurun, serta biaya *maintenance* yang besar. Oleh karena itu tidak heran jika perusahaan akan selalu berusaha menjaga fasilitas produksinya agar tetap bisa berjalan.

Menurut Sofyan Assauri (1993) dalam usaha untuk dapat menggunakan terus fasilitas produksi tersebut, dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang meliputi pengecekan, meminyaki, dan perbaikan/parasi atas kerusakan-kerusakan yang ada serta penyesuaian/penggantian spare part atau komponen yang terdapat pada fasilitas tersebut.

PT. Surindo Teguh Gemilang (PT.STG) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur pembuatan *corrugated carton box*. Lama perusahaan beroperasi adalah 24 jam sehari dengan 3 *shift*. Sistem produksi yang digunakan dalam perusahaan ini adalah sistem produksi *make to order*.

Perusahaan mempunyai 2 departemen utama dalam proses produksi, yaitu departemen *corrugating* dan *converting*. Pada departemen *corrugating* ada mesin *corrugating*, dan pada departemen *converting* ada mesin *flexo* sebagai mesin utama. Kemudian ada mesin pendukung seperti mesin *folder glue*, mesin *stitching*, dan mesin *strapping*. Mesin *corrugating* dan *flexo* disebut mesin utama karena merupakan mesin yang berpasangan dimana kedua mesin ini

memiliki peran penting dalam proses produksi sehingga tanpa kedua mesin ini *corrugated karton box* tidak bisa terbentuk.

Saat ini masalah yang ada adalah seringnya kerusakan yang timbul pada mesin produksi, yaitu mesin *corrugating* dan mesin *flexo*. Kerusakan ini sangat mengganggu karena mengakibatkan *downtime* mesin yang menghambat proses produksi. Setelah dilakukan wawancara pada kepala divisi *maintenance*, rata-rata *downtime* perbulan yang dialami sekitar 10 jam. *Downtime* tersebut mengakibatkan kerugian yang besar. Langkah perawatan mesin yang dilakukan selama ini adalah berupa *corrective maintenance* yaitu mengganti komponen jika terjadi kerusakan. Mengenai masalah tersebut perusahaan berharap agar *downtime* bisa diminimalisir sehingga biaya perawatan menjadi lebih efisien.

Oleh karena adanya masalah tersebut dilakukanlah pengusulan penjadwal perawatan baru yang dapat meminimalisasi total biaya perawatan dan perbaikan.

II. Tinjauan Pustaka

Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Tujuan dari kegiatan perawatan adalah :

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.

*corresponding author

E-mail : hadi_santosa27@yahoo.com (Hadi Santosa)

2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang di luar batas dan menjaga modal yang di investasikan tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan (*return on investment*) yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

II.1. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive maintenance ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam golongan “*critical unit*”. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk golongan “*critical unit*”, apabila :

- a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja.
- b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
- c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
- d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini adalah cukup besar atau mahal.

Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas *routine maintenance* dan *periodic maintenance* :

- a. *Routine maintenance*
Adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara *routine* misal, setiap hari..
- b. *Periodic maintenance*
Adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam jangka waktu tertentu misal satu kali setiap satu minggu sekali, lalu meningkat setiap bulan sekali, dan akhirnya setiap satu tahun sekali.

II.2. *Corrective* atau *Breakdown Maintenance*

Dengan *corrective* atau *breakdown maintenance* dimaksudkan adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *Preventive maintenance* ataupun telah dilakukan *preventive maintenance* tetapi sampai pada waktu tertentu fasilitas atau peralatan produksi yang ada. Oleh karena itu kebijaksanaan untuk melakukan *corrective maintenance* saja tanpa *preventive maintenance*, akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat kegiatan produksi apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada fasilitas produksi yang digunakan.

Secara sepintas lalu kegiatan *corrective maintenance* saja adalah lebih murah biayanya dari pada mengadakan *preventive maintenance*. Hal ini adalah benar selama kerusakan belum terjadi pada fasilitas/peralatan sewaktu proses produksi berlangsung. Tetapi sekali kerusakan terjadi pada fasilitas/peralatan selama proses produksi berlangsung, maka akibat kebijaksanaan *corrective maintenance* saja akan jauh lebih parah dari pada *preventive maintenance*.

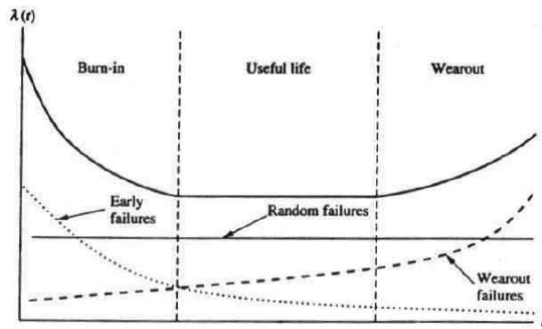
II.3. Hazard Rate Function

Hazard rate function sering kali disebut pula *failure rate* (laju kerusakan) atau *instantaneous failure rate* (laju kerusakan sesaat). Fungsi ini (disajikan dalam Persamaan 1) menggambarkan probabilitas bahwa suatu peralatan akan rusak pada interval waktu berikutnya.

$$-\int_0^t \lambda(t') dt' = \ln R(t) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 1)}$$

II.4. Bathtub Curve

Bentuk penting dari *hazard rate function* adalah *bathtub curve*. Sistem yang laju kerusakannya berbentuk *bathtub curve*, mengalami laju kerusakan yang menurun pada siklus awal, diikuti dengan laju kerusakan konstan, dan kemudian laju kerusakan yang meningkat



Gambar 1. Kurva Laju Kerusakan

II.5. Pengujian Hipotesa Distribusi Data (Goodness of Fit Test)

Goodness of fit merupakan metode yang digunakan untuk menguji suatu kumpulan data yang telah didapat, merupakan sampel dari distribusi tertentu. Ada 3 macam *goodness of fit test* antara lain :

1. Uji Chi - square, biasa digunakan untuk jumlah data yang banyak dan untuk data yang bersifat diskrit.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2)}$$

2. Uji Kolmogorov Smirnov (*KS test*), dapat digunakan untuk data yang sedikit maupun banyak dan untuk data bersifat kontinu. Langkah – langkah dalam menguji Kolmogorov Smirnov :

1. Urutkan R_i dari terkecil sampai dengan terbesar
2. Hitung :

$$D^+ = \max \left\{ \frac{i}{N} - R_{(i)} \right\}; 1 \leq i \leq N$$

$$D^- = \max \left\{ R_{(i)} - \frac{i-1}{N} \right\}; 1 \leq i \leq N \dots \text{(Persamaan 3)}$$

3. Tentukan $D = \max[D^+, D^-]$
4. Tentukan D_α dari tabel Kolmogorov Smirnov
5. Uji hipotesa :

H_0 = data mengikuti model distribusi tertentu
 H_1 = data tidak mengikuti model distribusi tertentu

3. Uji Anderson Darling, uji ini meliputi distribusi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritis serta membandingkannya dengan distribusi kumulatif hasil pengamatan. Distribusi teoritis adalah representasi dari hipotesis awal (H_0).

Hipotesis untuk pengujian kesesuaian frekuensi pengamatan dengan frekuensi teoritis (yang diharapkan) adalah sebagai berikut :

H_0 : Distribusi frekuensi pengamatan *sample* dari populasi sesuai dengan distribusi teoritis tertentu.

H_1 : Distribusi frekuensi pengamatan tidak sesuai dengan distribusi teoritis tertentu.

Uji statistik Anderson Darling disajikan pada Persamaan 4 sebagai berikut :

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2n-1) [\ln(z_i) + (\ln(1 - Z_{n-i+1}))]$$

..... (Persamaan 4)
 Pemilihan distribusi berdasarkan pada nilai *Anderson Darling* (AD) terkecil dan *Pvalue* > alpha ($\alpha = 5\%$).

II.6. Model Distribusi Kerusakan

Fungsi waktu kerusakan (*failure function*) adalah probabilitas suatu kegagalan yang terjadi antara waktu t_x dan t_y disajikan dalam Persamaan 5 sebagai berikut:^[4]

$$\int_{t_x}^{t_y} f(t)dt ; f(t) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 5)}$$

Dalam prakteknya, terdapat beberapa fungsi probabilitas yang menggambarkan karakteristik kegagalan peralatan yaitu :

1. Distribusi *Exponential*

Distribusi *exponential* adalah distribusi yang paling sederhana, dengan satu nilai parameter yaitu λ (*failure rate*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 6)}$$

2. Distribusi *Weibull*

Distribusi ini biasanya dipakai untuk barang-barang mekanika yang keandalannya berkurang karena umur pakai.

$$f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \dots\dots\dots \text{(Persamaan 7)}$$

3. Distribusi *Normal*

Distribusi *Normal* mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 8)}$$

4. Distribusi *Lognormal*

Distribusi *lognormal* mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 9)}$$

5. Distribusi *Gamma*

Distribusi *Gamma* mempunyai fungsi probabilitas kerusakan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{t^{\beta-1}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \exp \left(-\frac{t}{\alpha} \right) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 10)}$$

II.7. Keandalan (Reliability)

Keandalan (*reliability*) adalah ukuran kemampuan suatu komponen atau peralatan untuk beroperasi terus-menerus tanpa adanya gangguan atau kerusakan.

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(z) dz = 1 - F(t) \dots\dots (Persamaan 11)$$

Untuk distribusi probabilitas tertentu, fungsi keandalan pada distribusi :

$$1. \text{ Exponential} \\ R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (Persamaan 12)$$

$$2. \text{ Weibull} \\ R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \dots\dots\dots (Persamaan 13)$$

$$3. \text{ Normal} \\ R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (Persamaan 14)$$

$$4. \text{ Lognormal} \\ R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \dots\dots\dots (Persamaan 15)$$

$$5. \text{ Gamma} \\ R(t) = 1 - \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^{t/\alpha} z^{\beta-1} e^{-z} dz \dots\dots (Persamaan 16)$$

II.8. Mean Time to Failure (MTTF)

Mean time to failure menyatakan rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak atau nilai harapan (ekspektasi) lama sebuah komponen dapat dipergunakan sampai rusak. MTTF dapat dirumuskan sebagai:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f_T(t) dt \dots\dots\dots (Persamaan 17)$$

Untuk menghitung *Mean time to failure* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$IV.1. \text{ Exponential :} \\ MTTF = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (Persamaan 18)$$

$$IV.2. \text{ Weibull :} \\ MTTF = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots (Persamaan 19)$$

$$IV.3. \text{ Normal :} \\ MTTF = \mu \dots\dots\dots (Persamaan 20)$$

$$IV.4. \text{ Lognormal :} \\ MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \dots\dots\dots (Persamaan 21)$$

$$IV.5. \text{ Gamma :} \\ MTTF = \alpha \times \beta \dots\dots\dots (Persamaan 22)$$

II.9. Mean Time to Repair (MTTR)

Secara umum, waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda.^[5]

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \dots\dots\dots (Persamaan 23)$$

Untuk perhitungan *mean time to repair* pada masing-masing distribusi memiliki kesamaan rumus dengan perhitungan *mean time to failure*.

II.10. Perhitungan Biaya Perawatan

Pola *maintenance* yang optimal perlu dicari supaya antara biaya perawatan dan biaya kerusakan bisa seimbang pada *total cost* yang paling minimal.

Preventive Cost merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan. Sedangkan *Failure Cost* merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan di luar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi terhenti saat produksi sedang berjalan.

Secara matematis *total cost* untuk untuk menentukan interval waktu perawatan ini dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$C(tp) = \frac{C_p + C_f \cdot H(tp)}{tp} \dots\dots\dots (Persamaan 24)$$

$$H(tp) = \int_0^{tp} h(t) dt = -\ln[R(tp)] \dots\dots\dots (Persamaan 25)$$

Keterangan :

C_p = biaya satu siklus *preventive*
= (biaya tenaga kerja/jam x waktu perbaikan *preventive*) + harga komponen + biaya kehilangan produksi/jam.

C_f = biaya satu siklus *failure*
= (biaya tenaga kerja/jam x waktu perbaikan *corrective*) + harga komponen + biaya kehilangan produksi/jam.

$H(tp)$ = ekspektasi laju kerusakan selama interval tp (*cummulative hazard function* selama tp)

$h(tp)$ = laju kerusakan saat tp

tp = interval *preventive maintenance*

III. Metode Penelitian

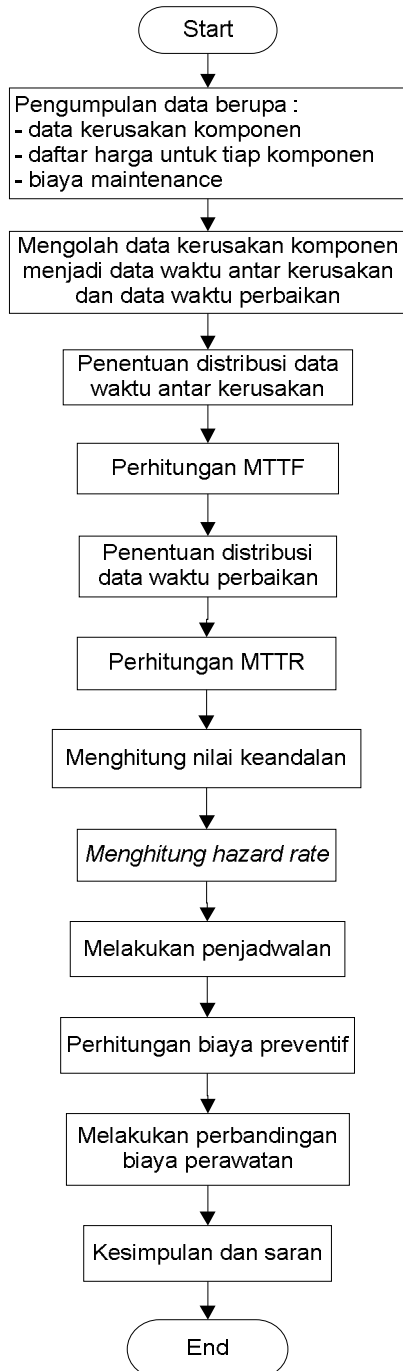
Langkah-langkah dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*. Berikut akan dijelaskan lebih detail mengenai tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* dari tahap awal hingga akhir penelitian ini.

Tahap awal yang dilakukan adalah pengumpulan data dengan cara wawancara, observasi, dan penelitian langsung di lapangan. Data yang dibutuhkan adalah :

1. Data kerusakan komponen masing-masing mesin
2. Daftar harga untuk komponen masing-masing mesin
3. Biaya *maintenance*

Setelah data-data tersebut didapat, data diolah dari data waktu kerusakan mejadi waktu antar kerusakan, dan waktu perbaikan.

Dalam proses selanjutnya Data waktu antar kerusakan nantinya akan digunakan dalam perhitungan MTTF namun sebelumnya data tersebut harus ditentukan terlebih dahulu jenis ditribusi datanya beserta parameter-parameternya. Penentuan distribusi dilakukan dengan menggunakan software minitab 14.



Gambar 2. Kurva Laju Kerusakan

Untuk penentuan distribusi dan parameter data waktu perbaikan dilakukan dengan langkah yang sama yaitu menggunakan software minitab. Data waktu perbaikan yang sudah diolah nantinya digunakan dalam perhitungan MTTR.

Setelah pengujian distribusi dilakukan pada kedua data tersebut, maka dilakukan perhitungan MTTF dan MTTR. Perhitungan MTTF bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata selang waktu kerusakan sedangkan perhitungan MTTR bertujuan untuk mencari waktu rata-rata dari

interval waktu dalam melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau sistem. Perhitungan MTTF dan MTTR dilakukan dengan *software* minitab 14.

Langkah selanjutnya pada penelitian ini telah masuk pada proses penjadwalan. Dalam proses perhitungan penjadwalan ini sebelumnya harus menentukan nilai keandalan dilakukan berdasar nilai parameter MTTF. Nilai keandalan berfungsi untuk mengetahui tingkat keandalan komponen, perhitungan hazard rate berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan mesin akan rusak yang ditentukan lewat nilai keandalan, dan perhitungan biaya dilakukan dengan menghitung total biaya yang terdiri dari biaya satu siklus preventif, biaya satu siklus *failure*, dan nilai *hazard rate*.

Setelah ketiga perhitungan itu dilakukan Penjadwalan perawatan dapat dilakukan dengan melihat biaya terendah. Pada langkah ini juga dilakukan penggabungan jadwal dengan cara memilih jarak waktu perawatan yang berdekatan dan melihat keandalan.

Penjadwalan yang sudah dihitung tersebut dibandingkan dengan cara menghitung biaya sebelum dan sesudah penjadwalan. Selain itu juga dilakukan perbandingan biaya sebelum dan sesudah jadwal perawatan digabung.

Tahap akhir penelitian ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan pengolahan dan analisa data, yang digunakan untuk memberi saran bagi perusahaan.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

IV.1. Perhitungan Parameter MTTF dan MTTR masing-masing komponen

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan komponen mesin menggunakan *software* minitab 14. Uji distribusi yang digunakan adalah Anderson darling. Penentuan nilai Anderson darling berdasarkan (AD) terkecil dan *Pvalue* > alpha ($\alpha = 5\%$).

IV.2. Pembuatan Jadwal Perawatan Mesin

Dalam pembuatan jadwal perawatan untuk masing-masing komponen pada mesin *Corrugating* dan *flexo* dilakukan dengan cara mencari keseimbangan antara biaya perawatan dan biaya kerusakan pada total *cost* yang terkecil (optimal). Berdasarkan dari hasil total *cost* yang terkecil, maka akan diperoleh interval waktu perawatan yang optimal pada masing-masing komponen mesin.

IV.3. Penggabungan Jadwal Perawatan

Penggabungan jadwal perawatan dilakukan dengan cara menyatukan waktu tp yang

memiliki jarak yang berdekatan. Dalam hal ini, selisih optimal yang diambil untuk penggabungan jadwal perawatan masing-masing komponen mesin adalah seminggu dan juga memperhatikan nilai keandalan dengan toleransi penurunan sebesar 10% untuk setiap komponen.

IV.4. Menghitung Perbandingan Biaya Preventive Maintenance dengan Biaya Kerusakan

Setelah dilakukan penggabungan jadwal interval waktu perawatan (tp), maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan analisa perbandingan total biaya antara jadwal perawatan baru yang belum digabung dengan jadwal perawatan lama dan perbandingan total biaya antara jadwal perawatan baru yang sudah digabung dengan jadwal perawatan lama. Penggabungan jadwal dilakukan selama 1 tahun. Hasil penghematan dengan penggabungan adalah Rp 31,072,364 dan tanpa penggabungan adalah Rp 6,189,944.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan interval perawatan yang optimal adalah dengan penggabungan jadwal dan penghematan sebesar Rp 31,072,364 yaitu dengan persentase sebesar 22.16%.

Daftar Pustaka

- [1] Assauri, Sofyan., "Management Produksi dan Operasi", edisi keempat, Hlm. 123-127, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta, 1993.
- [2] Jardine, A.K.S; Albert H.C.T., "Maintenance, Replacement and Reliability : Theory and Applications", 2rd edition, Hlm. 224-228, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2006.
- [3] Ebeling, Charles E., "An introduction to Reliability and Maintainability for Engineering", 1rd edition, Hlm. 28-76, McGraw Hill., New York 1997.